

## Estimativas de folgas de produtividade na lavoura de trigo em Minas Gerais



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Territorial  
Embrapa, Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
36**

**Estimativas de folgas de produtividade  
na lavoura de trigo em Minas Gerais**

*Milena Yumi Ramos  
Fernando Luis Garagorry  
André Rodrigo Farias  
Rafael Mingoti*

***Embrapa Territorial  
Campinas, SP  
2021***

**Embrapa Territorial**

Av. Soldado Passarinho, nº 303  
Fazenda Jardim Chapadão  
13070-115 Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-6200  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

**Embrapa, Secretaria de Inteligência  
e Relações Estratégicas**

Parque Estação Biológica (PqEB), s/nº,  
Bloco D, 2º andar  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-1505  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

**Comitê Local de Publicações da Embrapa Territorial**

Presidente

*Luciola Alves Magalhães*

Secretária-executiva

*Bibiana Teixeira de Almeida*

Membros

*Suzi Carneiro*

*Vera Viana dos Santos Brandão*

*Angelo Mansur Mendes*

*José Dilcio Rocha*

*Lauro Rodrigues Nogueira Junior*

*Gustavo Spadotti Amaral Castro*

*Paulo Augusto Vianna Barroso*

*André Luiz dos Santos Furtado*

**Responsável pela edição**

Embrapa, Secretaria-Geral

Coordenação editorial

*Alexandre Aires de Freitas*

*Heloiza Dias da Silva*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Josmária Madalena Lopes*

Revisão de texto

*Francisca Eljani do Nascimento*

Normalização bibliográfica

*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica e capa

*Júlio César da Silva Delfino*

Foto da capa

*Casiane Salete Tibola*

**1ª edição**

Publicação digital - PDF (2021)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa

---

Ramos, Milena Yumi.

Estimativas de folgas de produtividade na lavoura de trigo em Minas Gerais / Milena Yumi Ramos ... [et al.]. – Campinas, SP : Embrapa Territorial, 2021.

PDF (49 p.) – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Territorial. ISSN 1806-3322).

1. Estatística agrícola. 2. Pesquisa agrícola. I. Ramos, Milena Yumi. II. Garagorry, Fernando Luis. III. Farias, André Rodrigo. IV. Mingoti, Rafael. V. Embrapa Territorial. VI. Série.

CDD 519.5

---

Márcia Maria Pereira de Souza (CRB-1/1441)

© Embrapa, 2021

# Sumário

---

Resumo .....5

Abstract .....6

Introdução.....7

Material e Métodos .....9

Resultados e Discussão .....25

Conclusões..... 46

Referências..... 48



# Estimativas de folgas de produtividade na lavoura de trigo em Minas Gerais

Milena Yumi Ramos<sup>1</sup>

Fernando Luis Garagorry<sup>2</sup>

André Rodrigo Farias<sup>3</sup>

Rafael Mingoti<sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho apresenta estimativas e análise estatística da folga de produtividade (*yield gap analysis*) na lavoura de trigo em Minas Gerais, no contexto da expansão da produção do cereal em regiões tropicais do Brasil. Aplicou-se um método estatístico, hierárquico e adaptativo para se obter estimativas da magnitude absoluta e relativa das folgas de produtividade nas microrregiões mineiras com presença de trigo, bem como uma análise de sua evolução. Por meio de indicadores de concentração e de dinamismo, avaliaram-se mudanças individuais (em cada microrregião) e relativas (quando são comparadas entre si) ao longo do tempo. Foram identificadas trajetórias evolutivas variadas entre as microrregiões, muitas vezes sem tendência clara. Essa variabilidade é predominante entre aquelas que contribuem menos para a folga média; as que contribuem mais são poucas, em geral uma ou duas, e mudam lentamente ao longo do tempo. É o caso de Araxá, no grupo 2 (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba), com folgas positivas e crescentes ao longo do período; é, também, a microrregião que mais tem contribuído para a folga média na triticultura mineira. Em termos relativos, apenas Andrelândia, no grupo 5 (Sul/Sudoeste de Minas), mostrou melhora recente, com redução na folga relativa. As diferentes situações descritas e as áreas com desempenho comparado diferenciado constituem indicações potencialmente úteis para estudos mais detalhados, ações de transferência de tecnologia ou outros tipos de intervenções específicas.

**Termos para indexação:** estatística agrícola, *yield gap analysis*, triticultura tropical, estudos estratégicos.

---

<sup>1</sup> Engenheira de alimentos, doutora em Política Científica e Tecnológica, pesquisadora da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) da Embrapa, Brasília, DF

<sup>2</sup> Doutor em Pesquisa Operacional, pesquisador da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) da Embrapa, Brasília, DF

<sup>3</sup> Graduado em Geografia, mestre em Geografia, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

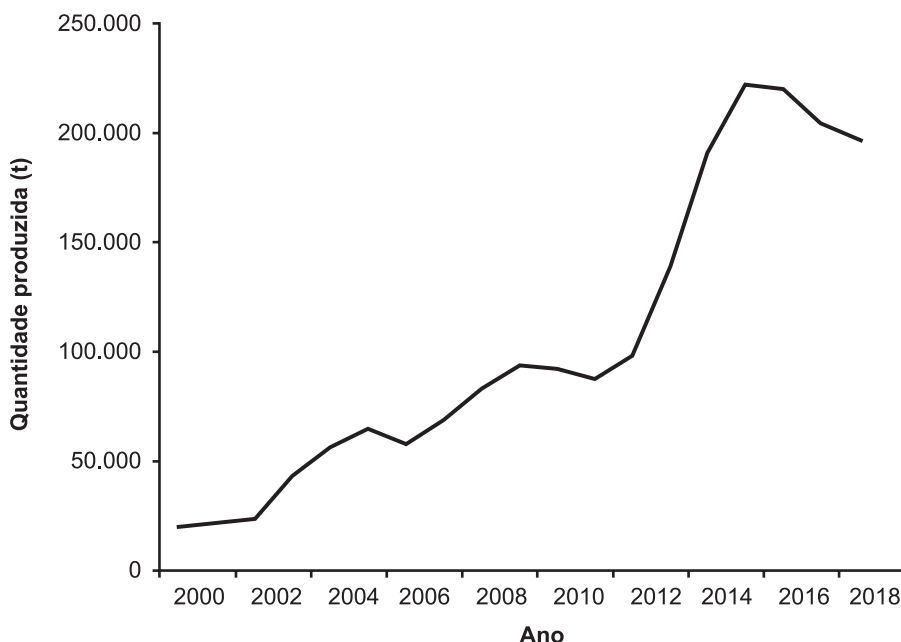
## Wheat yield gap estimates in Minas Gerais, Brazil

**Abstract** – This paper presents estimates and statistical analysis of yield gaps of the wheat crop in Minas Gerais state concerning expanding wheat production in tropical regions of Brazil. A statistical, hierarchical, and adaptive method was applied to obtain estimates of the absolute and relative magnitude of yield gaps in the micro-regions of Minas Gerais where wheat is produced, as well as an analysis of its evolution. By means of concentration and dynamism indicators, individual changes (in each micro-region) and relative changes (when they are compared among themselves) over time were evaluated. Different trajectories were identified among the micro-regions, often without a clear trend. Such variability is predominant among those that contribute less to the average gap; those that contribute more are few, in general one or two, and they change slowly over time. This is the case of the municipality of Araxá, in group 2 (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba), with positive and growing gaps along the period; it is also the micro-region that has contributed the most to the average gap of the wheat crop in the state. In relative terms, only the municipality of Andrelândia, in group 5 (South/Southwest of Minas Gerais), showed recent improvement, with reduction in the relative gap. The distinct situations described and the areas with different comparative performance constitute potentially useful indications for more detailed studies, technology transfer actions or other types of specific interventions.

**Index terms:** agricultural statistics, yield gap analysis, wheat crop in tropical regions, strategic studies.

## Introdução

A produção de trigo em Minas Gerais representa menos de 5% da produção brasileira, mas tem crescido de forma acelerada desde o início do século XXI (Figura 1). Fatores climáticos, agronômicos, geográficos, entre outros, particulares de algumas regiões do estado, favorecem essa expansão (Coelho et al., 2011). Especificamente, destacam-se a possibilidade de produção de trigo tanto em condições de sequeiro (Brasil, 2019a) quanto sob irrigação (Brasil, 2019b) e as iniciativas em pesquisa e políticas públicas visando estimular a produção tritícola mineira como forma de intensificar o uso da terra e atender a demanda interna da indústria.



**Figura 1.** Produção de trigo em Minas Gerais, 2000 a 2018.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

A Embrapa, por meio da sua Unidade Embrapa Trigo, tem se dedicado a desenvolver, promover e dar suporte técnico a práticas de manejo cultural



e melhoramento genético adaptados às condições locais de produção (Acosta et al., 2016; Minas Gerais, 2018) em parceria com organizações públicas e produtores que atuam no estado de Minas Gerais. A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-MG) tem apoiado a divulgação das vantagens da produção de trigo no estado bem como disseminado informações técnicas para uma produção tecnicamente adequada.

Amparado pelas instituições de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, o governo de Minas Gerais, instituiu, em 2011, o Programa de Desenvolvimento da Competitividade da Cadeia Produtiva do Trigo (Comtrigo). Coordenado pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa), o programa está orientado a reforçar a pesquisa e promover a recuperação da competitividade da cadeia produtiva desse cereal em Minas Gerais.

Os dados de produção e relatórios das iniciativas acima referidas indicam que há grande variabilidade na produção de trigo no território mineiro. Parte dela se deve à variabilidade espacial da produtividade primária da cultura. Por isso, quantificar e espacializar as diferenças associadas com essa variável pode ser útil para o aperfeiçoamento dos esforços dos agentes nelas envolvidos.

Uma abordagem que tem sido usada para examinar esse tipo de questão é conhecida como análise da folga de produtividade (*yield gap analysis*, conforme expressão usada na língua inglesa). Trata-se de um conjunto de conceitos e técnicas para medir a “capacidade latente” de produção, baseados em valores de referência (produtividades potenciais), que estabelecem limites superiores relativamente às médias registradas, em diferentes escalas no espaço e no tempo. Também integram essa abordagem estudos dedicados a identificar fatores que limitam a produtividade e como poderiam ser manejados de forma a reduzir as folgas quantificadas.

Não se conhecem estimativas de folgas de produtividade para a cultura do trigo no Brasil, especificamente em Minas Gerais, em bases reais e com desagregação territorial necessária para aperfeiçoar esforços focados como os que foram mencionados. Além disso, há limitações técnicas para uma ampla aplicação das abordagens consolidadas de análise de folga de produtividade, tais como a indisponibilidade de dados que atendam a requisitos mínimos para executá-las, de acordo com Grassini et al. (2015).

Em vista do interesse na expansão do trigo tropical no Brasil e da contribuição que a análise da folga de produtividade pode oferecer a futuros estudos e iniciativas nessa direção, a abordagem desenvolvida por Ramos e Garagorry (2017), no âmbito de estudos de caracterização quantitativa da produtividade primária da agricultura brasileira, mostrou-se viável e apropriada. Trata-se do método estatístico, hierárquico e adaptativo, que foi aplicado, neste estudo, para estimar a magnitude das folgas de produtividade na lavoura de trigo em Minas Gerais nas diferentes microrregiões do estado com presença desse cereal. Além disso, foi feita análise estatística das estimativas, buscando descrever trajetórias e distinguir microrregiões que poderiam ser selecionadas para futuras ações das partes interessadas.

## Material e Métodos

---

Para este estudo, foram utilizadas as séries de quantidade produzida e área colhida provenientes da Produção Agrícola Municipal (PAM), abrangendo o período de 2000 a 2018 (IBGE, 2020). Importante enfatizar que esses dados se referem ao trigo de forma geral, sem discriminar variedades, configurações dos sistemas de produção ou outras características específicas das áreas produtoras, como a utilização ou não de irrigação no cultivo. Essas informações permitiriam maior detalhamento e desagregação na análise de dados, porém não se encontram disponíveis em levantamentos sistemáticos e anuais sobre a cultura e na escala necessária de microrregiões para todo o território nacional.

Os dados originais foram obtidos por microrregiões do estado de Minas Gerais, pois essas são mais adequadas a serem utilizadas em séries de tempo longas, pela estabilidade dos limites territoriais, em comparação ao recorte territorial dos municípios. Como a produção de trigo é esparsa no estado e, em algumas regiões, os registros não mostram produção estabelecida, foi necessária uma etapa adicional de pré-processamento dos dados, que consistiu na seleção das microrregiões para as estimativas.

### Seleção e agrupamento das unidades geográficas

Partiu-se dos dados originais de área colhida e quantidade produzida de trigo nas microrregiões de Minas Gerais no período 2000–2018. Verificou-se

que poucas microrregiões tinham registro em todos os anos do período. No entanto, muitas apenas registraram a presença do trigo em alguns anos. Para restringir as análises às microrregiões com produção recente consistente, foram selecionadas somente aquelas que apresentaram dados de produção de trigo em todos os últimos cinco anos do período (2014–2018), independentemente das quantidades produzidas envolvidas.

A hierarquia espacial, considerando os níveis da divisão regional do Brasil (IBGE, 1990), foi utilizada para estabelecer grupos de microrregiões vizinhas a serem comparadas na estimação da produtividade potencial. Cada grupo reuniu, entre as microrregiões selecionadas, aquelas pertencentes a uma mesma mesorregião geográfica. Importante ressaltar que os grupos não equivalem necessariamente às mesorregiões do IBGE (1990), visto que nem todas as microrregiões que compõem cada uma foram selecionadas para este estudo.

Como resultado dos procedimentos aplicados, foram selecionadas as unidades geográficas listadas na Tabela 1 e mapeadas na Figura 2. Verifica-se a concentração espacial das microrregiões produtoras a oeste e sul do estado.

## **Preparação dos dados**

Para as microrregiões selecionadas, havia séries com dados ausentes em dois ou mais anos consecutivos, que foram descartados. Restaram séries reduzidas apenas para o subperíodo com dados contínuos de produção de trigo. Nos casos de ausência de registro em um único ano, alocou-se a esse ano a média dos valores registrados nos dois anos adjacentes. Com isso, em cada microrregião, garantiu-se a série mais longa possível com dados para um conjunto de anos consecutivos, de um ano inicial até 2018, conforme Tabela 2.

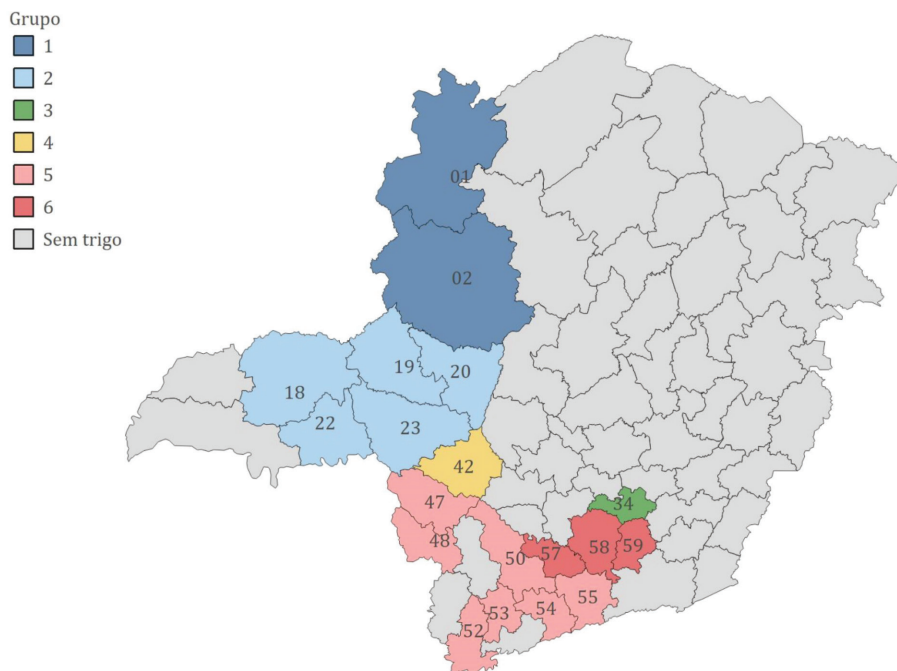
Na sequência, usou-se uma técnica de suavização de dados, baseada nas médias móveis de três anos. Esse procedimento é tradicional nos estudos de produtividade (Alves, 1979), visando neutralizar algumas mudanças bruscas nos valores das produtividades, causadas por alterações nas áreas colhidas ou nas quantidades produzidas. Com o procedimento usual, obtiveram-se séries de médias trienais entre o ano seguinte ao inicial e 2017.

**Tabela 1.** Lista das microrregiões selecionadas, segundo grupos.

Grupo	Mesorregião		Microrregião	
	Código	Nome	Código	Nome
1	3101	Noroeste de Minas	31001	Unaí
			31002	Paracatu
2	3105	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	31018	Uberlândia
			31019	Patrocínio
			31020	Patos de Minas
			31022	Uberaba
			31023	Araxá
3	3107	Metropolitana de Belo Horizonte	31034	Conselheiro Lafaiete
4	3109	Oeste de Minas	31042	Piuí
5	3110	Sul/Sudoeste de Minas	31047	Passos
			31048	São Sebastião do Paraíso
			31050	Varginha
			31052	Pouso Alegre
			31053	Santa Rita do Sapucaí
			31054	São Lourenço
			31055	Andrelândia
6	3111	Campo das Vertentes	31057	Lavras
			31058	São João Del Rei
			31059	Barbacena

Fonte: Adaptado de IBGE (1990).

Para completar as séries de médias móveis trienais de área colhida e quantidade produzida em cada microrregião, sem exclusão dos dados dos anos inicial e final, foram feitas duas operações adicionais: a) para o ano inicial, usou-se um terço da soma de duas vezes o valor no ano inicial mais o valor no segundo ano; e b) para o ano de 2018, usou-se um terço da soma de duas vezes o valor nesse ano mais o valor em 2017. Desse modo, obtiveram-se séries suavizadas que, no mínimo, registravam valores para os anos de 2014 a 2018.



**Figura 2.** Mapa das microrregiões produtoras de trigo selecionadas, segundo grupos.

Fonte: Adaptado de IBGE (1990).

Finalmente, as produtividades foram calculadas, em cada ano, mediante os quocientes da quantidade produzida pela área colhida, usando as séries suavizadas correspondentes a cada microrregião.

Em algumas fórmulas, por conveniência de representação, os anos de 2000 a 2018 serão denotados com  $t=0, \dots, T$ . Nos casos em que o ano inicial de uma série de dados é posterior a 2000, foram feitos os ajustes adequados. Em alguns casos, indicam-se os anos  $t=14, \dots, 18$  para referir-se aos anos de 2014 a 2018.

## Estimação das folgas de produtividade

Há diversas abordagens metodológicas voltadas à estimação das folgas de produtividade na agricultura. Compilações úteis desses estudos podem ser encontradas em Ittersum et al. (2013) e Sadras et al. (2015). No entanto,

**Tabela 2.** Ano inicial das séries de produção de trigo nas microrregiões selecionadas, segundo grupos.

Grupo	Microrregião		Ano inicial
	Código	Nome	
1	31001	Unaí	2000
	31002	Paracatu	2001
2	31018	Uberlândia	2000
	31019	Patrocínio	2000
	31020	Patos de Minas	2000
	31022	Uberaba	2003
	31023	Araxá	2000
3	31034	Conselheiro Lafaiete	2013
4	31042	Piuí	2014
5	31047	Passos	2012
	31048	São Sebastião do Paraíso	2003
	31050	Varginha	2010
	31052	Pouso Alegre	2014
	31053	Santa Rita do Sapucaí	2013
	31054	São Lourenço	2014
	31055	Andrelândia	2009
	31057	Lavras	2013
6	31058	São João Del Rei	2008
	31059	Barbacena	2011

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

são raros aqueles que exploram as estatísticas disponíveis e incluem ampla gama de produtos e detalhamento territorial, necessidades presentes para análises abrangentes da agricultura.

Com a falta de métodos consolidados que atendessem a essas necessidades, desenvolveu-se, no âmbito dos estudos de caracterização quantitativa da produtividade primária da agricultura brasileira na Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) da Embrapa, um método estatístico, hierárquico e adaptativo, descrito em trabalhos anteriores (Ramos; Garagorry, 2017, 2020).

A base metodológica dessa abordagem foi utilizada para estimar as folgas de produtividade apresentadas neste estudo. Resumidamente, a estimação de *yield gaps* está fundamentada na operacionalização do conceito de produtividade potencial (*yield potencial*), contra o qual se comparam produtividades observadas (*actual yield*), especificada uma escala espacial e temporal de interesse.

As produtividades observadas, frequentemente, são médias a partir de estatísticas oficiais ou de valores obtidos em levantamentos diretos nos estabelecimentos rurais. Já a produtividade potencial representa uma cota superior de referência que, em princípio, poderia ser alcançada. Em outras palavras, um *benchmark*. Esse valor tem o efeito de uma meta que orienta esforços de intervenção sobre fatores controláveis em busca do crescimento da produção baseado no incremento da produtividade em uma área disponível.

## Produtividade potencial

Aplicou-se uma lógica hierárquica e adaptativa na estimação da produtividade potencial.

Hierárquica, porque, escolhido o nível territorial de análise, compararam-se conjuntos de unidades geográficas agrupadas na mesma unidade do nível superior para estabelecer o valor da produtividade potencial no ano inicial: numericamente, corresponde ao maior valor encontrado entre as unidades de cada grupo. De forma geral, caso não se identifique, nas condições de um determinado trabalho, a existência de uma unidade territorial de nível superior, ou se um grupo está formado por uma única unidade, toma-se como produtividade potencial no ano inicial a sua própria produtividade nesse ano. Esse procedimento restringe as comparações entre áreas vizinhas, que normalmente apresentam características edafoclimáticas similares.

Adaptativa, porque, a cada ano, após o inicial, o valor do potencial é atualizado com uma produtividade maior, se ela for registrada dentro do grupo. Esse procedimento adicional permite que o potencial absorva o efeito de mudanças nos fatores de produção, como a incorporação de tecnologias, nos estabelecimentos localizados na área examinada. Em linguagem matemática, o cálculo é descrito como segue.

Sejam os anos  $t = 0, 1, 2, \dots, T$ , os grupos  $j = 1, 2, \dots, J$  (definidos por mesorregiões) e as unidades geográficas (microrregiões selecionadas no grupo  $j$ )  $i = 1, 2, \dots, I_j$ . Note-se que, em geral, os grupos têm diferentes números de microrregiões, indicados com  $I_j$ , e que a numeração das microrregiões começa de 1 em cada grupo. De fato, o número de microrregiões num grupo pode ir variando com o tempo, à medida que novas microrregiões começam a produzir trigo e se incorporam ao grupo. Portanto, o correto seria usar a notação  $I_j^t$ ; no entanto, como se faz referência a um determinado ano  $t$ , em cada caso, preferiu-se usar só  $I_j$  para simplificar a notação. Nos poucos casos em que se faz referência a uma microrregião genérica, ela está denotada com  $ji$ .

A partir das produtividades das  $I_j$  microrregiões de um grupo  $j$  em cada ano ( $P_{ji}^t$ ), já determinadas em função dos dados originais de quantidade produzida e área colhida, previamente preparados, o potencial estatístico, hierárquico e adaptativo no ano  $t$  para o grupo  $j$  ( $M_j^t$ ) é determinado em dois passos:

Para o ano inicial ( $t = 0$ ), a produtividade potencial é definida como:

$$M_j^0 = \max_{i=1, I_j} \{P_{ji}^0\}, j = 1, 2, \dots, J \quad (1)$$

Nos anos subsequentes ( $t = 1, 2, \dots, T$ ), é definida como:

$$M_j^t = \max \left\{ M_j^{t-1}; \max_{i=1, I_j} \{P_{ji}^t\} \right\}, j = 1, 2, \dots, J \quad (2)$$

Logo, para cada ano, o potencial em cada grupo representa a maior produtividade alcançada, até aquele momento, no conjunto das microrregiões vizinhas. Para cada grupo de microrregiões, o conjunto desses valores forma uma envolvente maximal da produtividade ao longo do tempo, que representa o potencial hierárquico e adaptativo.

## Folga de produtividade

Em cada microrregião  $i$ , grupo  $j$  e ano  $t$ , a folga de produtividade é calculada como a diferença entre a produtividade potencial estimada no grupo e a produtividade da microrregião:



$$G_{ji}^t = M_j^t - P_{ji}^t, i = 1, 2, \dots, I_j, j = 1, 2, \dots, J, t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

Nesse caso, ela é apresentada de forma absoluta, com a mesma unidade de medida da produtividade. No entanto, é útil expressá-la também em termos relativos como percentual da produtividade potencial ( $g_{ji}^t$ ), isto é:

$$g_{ji}^t = 100 \times \frac{G_{ji}^t}{M_i^t}, i = 1, 2, \dots, I_j, j = 1, 2, \dots, J, t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

Consequentemente, o complemento para os 100% representa a parcela da produtividade no potencial.

## Análise das folgas de produtividade

O foco deste trabalho está na análise das folgas de produtividade nas microrregiões individuais. Além disso, para oferecer uma visão de conjunto, procedeu-se a uma análise nos grupos e na “região tritícola” em Minas Gerais. Os termos “região” e “regional” foram usados aqui em referência ao conjunto de todas as microrregiões selecionadas.

Em princípio, o aspecto hierárquico do método utilizado pode ser aplicado, considerando os grupos de microrregiões como unidades de análise e definindo uma envolvente maximal para o grupo e para toda a região. No entanto, optou-se por outra abordagem, que mantém as microrregiões como unidades de análise e, a partir delas, derivaram-se informações para os grupos e a região. Os procedimentos de cálculo em cada caso estão detalhados a seguir.

### Grupos e suas microrregiões

**Média ponderada e composição aditiva** – Usou-se uma representação aditiva das folgas de produtividade individuais, isto é, nas microrregiões selecionadas. Inicialmente, ela está apresentada para a produtividade. Cálculos similares são válidos para a folga de produtividade.

A produtividade primária na agricultura é uma variável de razão e resulta do quociente entre quantidade produzida e área colhida. Como tal, têm um valor médio formado por parcelas aditivas dos valores individuais, mediante

ponderação adequada. A ponderação individual, no caso, está ligada à proporção da área colhida na microrregião no total do grupo.

Algebricamente, se  $A_{ji}^t$  e  $Q_{ji}^t$  são, respectivamente, a área colhida e a quantidade produzida no ano  $t$ , na microrregião  $i$  do grupo  $j$ , a produtividade média no grupo é dada por:

$$\dot{p}_j^t = \frac{\sum_{i=1}^{I_j} Q_{ji}^t}{\sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t} = \frac{\sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t (Q_{ji}^t / A_{ji}^t)}{\sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t} = \frac{\sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t P_{ji}^t}{\sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t} = \sum_{i=1}^{I_j} w_{ji}^t P_{ji}^t \quad (5)$$

em que

$$A_{ji}^t > 0, w_{ji}^t = \frac{A_{ji}^t}{\sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t} \quad (6)$$

Logicamente, no ano  $t$  e no grupo  $j$ , as ponderações  $w_{ji}^t$  são números não negativos que somam 1. Assim, a produtividade no grupo corresponde à média das produtividades das microrregiões componentes ponderada pelas áreas colhidas no grupo.

A adaptação desse conceito, com as mesmas ponderações, para a folga de produtividade média no grupo  $j$  e no ano  $t$ , segundo o método utilizado, toma a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \dot{G}_j^t = M_j^t - \dot{P}_j^t &= \sum_{i=1}^{I_j} w_{ji}^t M_j^t - \sum_{i=1}^{I_j} w_{ji}^t P_{ji}^t = \sum_{i=1}^{I_j} w_{ji}^t (M_j^t - P_{ji}^t) \\ &\sum_{i=1}^{I_j} w_{ji}^t G_{ji}^t, j = 0, 1, 2, \dots, J, t = 0, 1, \dots, T. \end{aligned} \quad (7)$$

Cada parcela dessa soma, isto é,

$$cg_{ji}^t = w_{ji}^t G_{ji}^t \quad (8)$$

representa a contribuição absoluta de uma microrregião para a formação da folga de produtividade absoluta do grupo a que pertence. Essa contribuição pode ser expressa em porcentagem da folga no grupo:

$$pg_{ji}^t = 100. \frac{w_{ji}^t G_{ji}^t}{\dot{G}_j^t} \quad (9)$$

**Média relativa no subperíodo mais recente e contribuição relativa** – Buscando indicadores baseados na evolução mais recente de cada microrregião, procedimento similar foi aplicado para a folga de produtividade relativa nos últimos cinco anos do período (2014 a 2018). Usou-se uma média ponderada das folgas relativas nesses anos, em que a determinação dos pesos foi adaptada para refletir a importância relativa da folga em cada ano no total do subperíodo. Matematicamente:

$$g_{ji} = \sum_{t=14}^{18} v_{ji}^t g_{ji}^t, i = 1, \dots, I_j, j = 1, 2, \dots, J \quad (10)$$

em que

$$v_{ji}^t = \frac{A_{ji}^t}{\sum_{t=14}^{18} A_{ji}^t} \quad (11)$$

Convém observar que, neste caso, os pesos se referem às áreas colhidas em uma microrregião do grupo  $j$ , nos cinco anos considerados. Cada parcela da soma, representada por

$$cr_{ji}^t = v_{ji}^t g_{ji}^t \quad (12)$$

indica, para cada microrregião, a magnitude da contribuição relativa de cada ano para a formação da folga de produtividade relativa média dos cinco últimos anos da série. Tanto as folgas relativas nos últimos cinco anos quanto sua média ponderada foram utilizadas, neste estudo, para avaliar e comparar o desempenho das microrregiões no que diz respeito às folgas de produtividade.

### Região tritícola

Para uma visão conjunta de todas as microrregiões consideradas neste estudo, procedeu-se à análise regional usando as médias das folgas absolutas em cada ano. Novamente, trata-se de médias ponderadas pelas

áreas colhidas. Especificamente, define-se a folga absoluta média na região, no ano  $t$ , mediante a seguinte fórmula:

$$\acute{G}^t = \sum_{j=1}^J w_j^t \acute{G}_j^t \quad (13)$$

em que

$$w_j^t = \frac{A_j^t}{A^t} \quad (14)$$

sendo  $A_j^t$  a área colhida total no grupo  $j$  e a área colhida total na região. Desse modo, a folga média regional, por definição, corresponde a uma média ponderada pelas áreas colhidas nos grupos. Mas, também, ela pode ser obtida como uma média ponderada pelas áreas das diferentes microrregiões envolvidas, em vista das seguintes relações:

$$\acute{G}^t = \frac{1}{A^t} \sum_{j=1}^J A_j^t \acute{G}_j^t = \frac{1}{A^t} \sum_{j=1}^J A_j^t \sum_{i=1}^{I_j} w_{ji}^t G_{ji}^t = \frac{1}{A^t} \sum_{j=1}^J A_j^t \sum_{i=1}^{I_j} \frac{A_{ji}^t}{A_j^t} G_{ji}^t \quad (15)$$

ou seja

$$\acute{G}^t = \frac{1}{A^t} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_j} A_{ji}^t G_{ji}^t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_j} y_{ji}^t G_{ji}^t \quad (16)$$

em que

$$y_{ji}^t = \frac{A_{ji}^t}{A^t} \quad (17)$$

Isto é, a folga regional também pode ser calculada diretamente a partir das folgas nas diferentes microrregiões, mas usando como ponderações as áreas colhidas nas microrregiões com relação à área colhida total na região.

De forma similar ao que se apresentou na análise nos grupos, a contribuição percentual de cada microrregião para a formação da folga média regional, no ano  $t$ , é dada por:

$$pr_{ji}^t = 100. \frac{y_{ji}^t G_{ji}^t}{\hat{G}^t} \quad (18)$$

Os valores tomados por essa variável foram utilizados para estudar a dinâmica das folgas no nível regional, conforme método detalhado no próximo item.

## Dinâmica

### Grupos e suas microrregiões

Após escolhido um ano e um grupo, certamente existe alguma variabilidade entre os valores das folgas absolutas ou relativas das microrregiões que formam o grupo. Com base na fórmula de representação aditiva da folga média do grupo ([7]), nesse ano, são obtidas as contribuições percentuais das suas microrregiões. Quando isso é repetido para diversos anos, surgem variações nas contribuições percentuais, configurando-se uma instância de dinâmica, que pode ser medida com a utilização de um conceito adequado de distância.

Neste estudo, optou-se por não aprofundar a particularidade da dinâmica intragrupo, em vista de que há muitas diferenças entre os números de microrregiões em cada grupo (incluindo dois grupos que só têm uma microrregião) e, também, entre o número de anos em que há registro de trigo nas microrregiões selecionadas, de modo que não havia muitas possibilidades para se comparar as diversas manifestações da dinâmica nos diferentes grupos.

No entanto, mesmo considerando apenas os últimos cinco anos, para os quais existem dados em todas as microrregiões, foi possível definir um indicador de **dinamismo**, compreendido como a evolução (trajetória) da folga relativa entre 2014 e 2018. Esse indicador proposto consiste na soma das primeiras diferenças (para a frente) entre os valores da folga relativa em cada microrregião. Especificamente, tendo escolhido um grupo  $j$  e uma microrregião  $i$  nesse grupo, têm-se os valores de  $g_{ji}^t$ , para  $t = 14, \dots, 17$ . Com esses valores, ficam definidas as quatro diferenças finitas seguintes:

$$\Delta g_{ji}^t = g_{ji}^{t+1} - g_{ji}^t, t = 14, \dots, 17 \quad (19)$$

O indicador proposto consiste na soma dessas quatro diferenças. Como é fácil de verificar, a soma do valor no ano inicial mais o indicador proposto resulta no valor do ano final. Logo, a soma das diferenças capta um aspecto essencial da trajetória nos cinco anos: se o indicador for positivo e claramente “maior” na comparação com outras microrregiões, então a folga relativa na microrregião considerada mostrou uma tendência definida de piora nos cinco anos e, obviamente, a interpretação contrária ocorre quando ele for negativo e claramente “menor” na comparação.

A partir dessa interpretação, os valores do indicador nas 19 microrregiões foram reescalados e colocados em três classes: a) denotada com 1, “baixa”, com tendência clara de diminuição da folga relativa, situação considerada como o melhor tipo de evolução; b) denotada com 2, “média”, sem tendência muito clara na evolução; e c) denotada com 3, “alta”, com tendência clara de aumento da folga relativa, trajetória que se interpreta como a pior forma de evolução. O agrupamento em apenas três classes foi necessário, em vista do reduzido número de anos considerados.

Há outras formas de apresentar o indicador de dinamismo (Garagorry et al., 2015), que são essencialmente equivalentes. Em qualquer caso, se estivessem disponíveis os dados para um maior número de anos, a classificação da trajetória seria mais precisa.

## Região tritícola

Para facilitar a identificação de unidades geográficas candidatas a investigação ou desenvolvimento de ações específicas, as microrregiões foram reagrupadas de acordo com sua participação individual na formação da folga de produtividade absoluta regional. Foram considerados todos os valores  $pr_{ji}^t$ ,  $i = 1, \dots, I$ ,  $j = 1, \dots, J$ , apresentados na subseção de Análise da Folga de Produtividade, disponíveis nos diferentes anos. O procedimento de classificação adotado, aplicado ano a ano, consistiu na alocação de cada microrregião em uma de três classes possíveis, de acordo com o seguinte algoritmo:

1. ordenaram-se as microrregiões conforme os valores de  $pr_{ji}^t$ , em ordem crescente;
2. acumulou-se a contribuição percentual seguindo essa ordem;

3. denotando com  $PCT\ AC(ji)$  a soma acumulada até a microrregião  $ji$ , definiu-se:

- se  $PCT\ AC(ji) \leq 100/3$  (aproximadamente 33,33),  $ji$  foi alocada no terço T1;
- caso contrário, se  $PCT\ AC(ji) \leq 200/3$  (aproximadamente 66,67),  $ji$  foi alocada no terço T2;
- caso contrário,  $ji$  foi alocada no terço T3.

Por construção, T1 é associado à ideia de terço inferior e T3 ao terço superior. Assim, o terço inferior reúne as microrregiões que contribuíram individualmente menos para a folga absoluta regional, e o terço T3, as que mais contribuíram. No caso ora tratado, contribuir menos para a folga absoluta regional significa estar em situação comparativamente melhor. Ao contrário, maiores contribuições individuais estão associadas a microrregiões em pior situação. Mediante essa interpretação, os terços foram renomeados, na apresentação dos resultados, conforme segue: “baixa” para T1; “média” para T2 e “alta” para T3.

A classificação foi aplicada, inicialmente, apenas às microrregiões com registro de produção. Em particular, se uma delas teve folga nula, foi alocada no terço inferior. No entanto, para avaliar a dinâmica ocorrida na região, foi necessário criar uma classe adicional, contendo as microrregiões sem registro de produção num ano, de modo a realizar os cálculos considerando as 19 microrregiões todos os anos. Pela forma como foram preparados os dados, uma vez que uma microrregião teve produção de trigo, continuou nessa situação até 2018, de modo que figurou em alguma das três classes definidas acima.

Efetuada a classificação, verificou-se que algumas microrregiões mudaram de classe ao longo dos anos. Cada microrregião apresenta uma trajetória própria em termos da classe em que foi alocada em cada ano. De modo resumido, uma vez que apresentou produção de trigo, pode ter permanecido na mesma classe, **piorado** para uma classe superior ou **melhorado** para uma classe inferior. O conjunto das transições fornece indicadores potencialmente úteis para focar esforços futuros. Emerge, assim, uma instância de dinâmica territorial, em que a distribuição das microrregiões nas classes muda ao longo do tempo.

Normalmente, os indicadores utilizados para medir a dinâmica de uma variável são fornecidos por um conceito matemático de distância. Há mais de um conceito de distância que poderia ser usado. No caso da evolução das microrregiões nas classes de contribuição microrregional para a folga regional, utilizou-se uma generalização da denominada distância simples que, por sua vez, resulta do coeficiente de concordância simples (Anderberg, 1973). Esta tem sido usada, em outros trabalhos, para avaliar as mudanças de classes ocorridas entre dois anos (Garagorry; Chaib Filho, 2008; Garagorry et al., 2015).

A distância simples baseia-se na contagem de mudanças de classe em relação ao total de instâncias entre um ano, denominado inicial, e outro posterior, chamado de final. Como há microrregiões sem registro de produção de trigo em alguns anos, tornou-se necessário criar mais uma classe (zero) para alocar esses casos.

A distância simples toma valor entre 0 e 1, que pode ser colocado entre 0 e 100 e expresso em pontos percentuais. A descrição do cálculo é facilitada ao colocar os dados na forma de tabelas de contingência, tais como a representada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Tabela de contingência de uma variável em dois anos distintos, segundo quatro classes.

Ano inicial	Ano final				Total
	Sem trigo (T0)	Baixa (T1)	Média (T2)	Alta (T3)	
Sem trigo (T0)	$c_{00}$	$c_{01}$	$c_{02}$	$c_{03}$	$c_{0\cdot}$
Baixa (T1)	$c_{10}$	$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{1\cdot}$
Média (T2)	$c_{20}$	$c_{21}$	$c_{22}$	$c_{23}$	$c_{2\cdot}$
Alta (T3)	$c_{30}$	$c_{31}$	$c_{32}$	$c_{33}$	$c_{3\cdot}$
<b>Total</b>	<b><math>c_{\cdot 0}</math></b>	<b><math>c_{\cdot 1}</math></b>	<b><math>c_{\cdot 2}</math></b>	<b><math>c_{\cdot 3}</math></b>	<b><math>c_{\cdot \cdot}</math></b>

Na diagonal principal (células  $c_{00}$ ,  $c_{11}$ ,  $c_{22}$  e  $c_{33}$ ), apresentam-se as frequências correspondentes às microrregiões que não mudaram de classe; nas demais células, as frequências daquelas que mudaram de classe conforme cada combinação possível. A distância simples consiste em dividir a soma das frequências nas células que estão fora da diagonal principal pela frequência total (que consta na célula ) que, no caso, será sempre igual a 19.



## Concentração

Segundo a classificação em termos de contribuição para a formação da folga de produtividade média regional, mencionada anteriormente, as microrregiões foram alocadas em três classes, e a concentração foi medida com o indicador descrito a seguir.

A distância L1, às vezes chamada de distância de transvariação (Garagorry; Chaib Filho, 2008), tem sido muito usada para medir o afastamento entre duas distribuições. Aqui, foi adaptada para se ter um indicador de concentração de uma distribuição. Especificamente, a concentração de uma distribuição é interpretada como o afastamento dela em relação à respectiva distribuição uniforme.

Designando a distribuição das frequências relativas das microrregiões nas três classes definidas pelo algoritmo (isto é, não incluindo a classe “sem trigo”), em certo ano, com  $e$  com a correspondente distribuição uniforme, define-se a distância L1 entre elas mediante a seguinte fórmula:

$$d(f, u) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 \left| f_k - \frac{1}{3} \right| \quad (20)$$

O coeficiente  $\frac{1}{2}$  é utilizado para garantir que, no caso geral da distância entre duas distribuições quaisquer nas três classes, esta adquira valores entre 0 e 1. Para se ter um indicador de concentração que tome o valor 1 quando a distribuição  $f$  está totalmente concentrada numa das três classes, basta substituir o coeficiente  $\frac{1}{2}$  por  $\frac{3}{4}$ .

Ou seja, não sendo necessário explicitar a presença da distribuição uniforme, tem-se o seguinte indicador de concentração:

$$c(f) = \frac{3}{4} \sum_{k=1}^3 \left| f_k - \frac{1}{3} \right| \quad (21)$$

É comum que se utilizem outros indicadores de concentração, sendo o de Gini o mais popular. No entanto, o proposto acima é fácil para calcular e conferir os resultados apresentados, e mostra-se suficiente para distinguir diferentes situações.

## Resultados e Discussão

---

Por conveniência de apresentação, os resultados das estimativas estão demonstrados a seguir para anos selecionados (ano+3), de forma a preservar as características das séries. Organizados em subseções, incluem: estatísticas básicas, estimativas de produtividade potencial, folgas absoluta e relativa, folgas médias por grupo e total, contribuições microrregionais, folgas relativas médias, evolução e quantidade potencial alcançável se as folgas estimadas não tivessem ocorrido.

Os resultados mostram mudanças individuais (em cada microrregião) e relativas (quando são comparadas entre si) ao longo do tempo. As evoluções verificadas sugerem a pertinência, ou mesmo a necessidade, de alguma avaliação da evolução das microrregiões em termos das folgas de produtividade estimadas. Os resultados dessa avaliação constam em subseção específica.

### Estatísticas básicas

As estatísticas básicas referem-se às séries de quantidade produzida, área colhida e produtividade tratadas segundo os procedimentos de preparação de dados, além da seleção e agrupamento de unidades geográficas para análise especificadas na seção Material e Métodos. Os resultados constam nas Tabelas 4, 5 e 6.

A introdução do cultivo de trigo em Minas Gerais ocorreu em diferentes instantes no tempo entre as microrregiões. No período escolhido para as análises, 2000 a 2018, os registros permitiram estabelecer a presença da cultura a partir do ano indicado na Tabela 2. Nota-se que as regiões mais tradicionais se situam no Noroeste de Minas e no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Além disso, grande parte das microrregiões selecionadas introduziram o cultivo de trigo recentemente.

Em termos de quantidade produzida de trigo, destacam-se as microrregiões do grupo 2, com pouco menos de 60% do total da região tritícola de Minas Gerais, em média. É notável a elevada participação inicial do grupo 1, com posterior queda contínua e acentuada (Tabela 4).

**Tabela 4.** Quantidade produzida (em toneladas) nos grupos e nas microrregiões, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1		<b>9.413</b>	<b>18.689</b>	<b>21.875</b>	<b>22.168</b>	<b>13.285</b>	<b>11.965</b>	<b>6.470</b>
	31001	9.413	14.890	17.468	9.094	4.530	3.430	2.084
	31002		3.799	4.407	13.074	8.755	8.535	4.386
2		<b>10.341</b>	<b>23.835</b>	<b>34.675</b>	<b>66.522</b>	<b>57.250</b>	<b>125.150</b>	<b>97.107</b>
	31018	65	1.626	2.787	4.765	4.225	9.989	11.423
	31019	405	2.056	4.332	11.106	13.713	28.200	15.293
	31020	8.832	11.897	17.323	18.080	12.107	19.641	12.553
	31022		978	1.108	3.419	3.175	5.758	7.413
	31023	1.039	7.278	9.125	29.152	24.030	61.562	50.425
3							<b>185</b>	<b>1.836</b>
	31034						185	1.836
4							<b>3.699</b>	<b>2.366</b>
	31042						3.699	2.366
5			<b>764</b>	<b>1.113</b>	<b>960</b>	<b>11.679</b>	<b>43.836</b>	<b>46.021</b>
	31047					580	3.601	1.784
	31048		764	1.113	900	1.417	3.400	2.868
	31050					8.195	24.043	24.853
	31052						578	8
	31053						3.677	2.472
	31054						4.077	7.425
	31055				60	1.487	4.460	6.611
6					<b>3.771</b>	<b>15.695</b>	<b>37.138</b>	<b>43.548</b>
	31057						1.434	10.274
	31058				3.771	14.335	29.511	29.663
	31059					1.360	6.193	3.611

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Por outro lado, chama a atenção a ascensão recente de algumas microrregiões dos grupos 5 e 6, mais ao sul do estado, que passaram a registrar significativa expansão do cultivo de trigo nos últimos 10 anos. Evolução similar se verifica na área dedicada à cultura, conforme Tabela 5.

**Tabela 5.** Área colhida (em hectares) nos grupos e nas microrregiões, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1		<b>2.540</b>	<b>4.477</b>	<b>4.885</b>	<b>4.570</b>	<b>2.574</b>	<b>2.455</b>	<b>1.572</b>
	31001	2.540	3.680	3.890	1.866	908	742	380
	31002		797	995	2.704	1.666	1.713	1.192
2		<b>2.227</b>	<b>4.984</b>	<b>7.389</b>	<b>14.772</b>	<b>15.140</b>	<b>43.151</b>	<b>37.337</b>
	31018	60	379	722	1.342	1.312	5.382	4.503
	31019	97	382	1.091	2.900	3.419	8.541	6.041
	31020	1.840	2.448	3.440	3.561	2.661	4.662	3.493
	31022		230	280	829	1.001	2.620	3.367
	31023	230	1.545	1.856	6.140	6.747	21.946	19.933
3							<b>120</b>	<b>580</b>
	31034						120	580
4							<b>1.137</b>	<b>810</b>
	31042						1.137	810
5			<b>510</b>	<b>742</b>	<b>640</b>	<b>4.502</b>	<b>17.301</b>	<b>17.517</b>
	31047					300	1.869	1.020
	31048		510	742	600	633	1.762	1.297
	31050					3.072	9.133	9.425
	31052						220	5
	31053						1.247	1.140
	31054						1.403	2.765
	31055				40	497	1.667	1.865
6					<b>1.203</b>	<b>4.777</b>	<b>12.224</b>	<b>14.547</b>
	31057						553	3.703
	31058				1.203	4.397	9.949	9.525
	31059					380	1.722	1.319

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

No que tange à produtividade, variações diversas podem ser observadas entre grupos e microrregiões (Tabela 6). Nota-se maior variabilidade nos grupos com mais microrregiões e maior extensão territorial (grupos 2 e 5).

**Tabela 6.** Produtividade (em quilogramas por hectare) nos grupos e nas microrregiões, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1		<b>3.706</b>	<b>4.174</b>	<b>4.478</b>	<b>4.851</b>	<b>5.161</b>	<b>4.874</b>	<b>4.116</b>
	31001	3.706	4.046	4.490	4.874	4.989	4.623	5.484
	31002		4.767	4.429	4.835	5.255	4.982	3.680
2		<b>4.643</b>	<b>4.782</b>	<b>4.693</b>	<b>4.503</b>	<b>3.781</b>	<b>2.900</b>	<b>2.601</b>
	31018	1.083	4.290	3.860	3.551	3.220	1.856	2.537
	31019	4.175	5.382	3.971	3.830	4.011	3.302	2.532
	31020	4.800	4.860	5.036	5.077	4.550	4.213	3.594
	31022		4.252	3.957	4.124	3.172	2.198	2.202
	31023	4.517	4.711	4.916	4.748	3.562	2.805	2.530
3							<b>1.542</b>	<b>3.166</b>
	31034						1.542	3.166
4							<b>3.253</b>	<b>2.921</b>
	31042						3.253	2.921
5			<b>1.498</b>	<b>1.500</b>	<b>1.500</b>	<b>2.594</b>	<b>2.534</b>	<b>2.627</b>
	31047					1.933	1.927	1.749
	31048		1.498	1.500	1.500	2.239	1.930	2.211
	31050					2.668	2.633	2.637
	31052						2.627	1.600
	31053						2.949	2.168
	31054						2.906	2.685
	31055				1.500	2.992	2.675	3.545
6					<b>3.135</b>	<b>3.286</b>	<b>3.038</b>	<b>2.994</b>
	31057						2.593	2.775
	31058				3.135	3.260	2.966	3.114
	31059					3.579	3.596	2.738

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Os grupos 1 e 2, com microrregiões situadas no Noroeste de Minas e no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, mostraram tendência de queda na produtividade na última década, mais acentuada no segundo caso. O grupo 6, com microrregiões localizadas no Campo das Vertentes, apresentou elevado crescimento na produtividade nos primeiros anos de introdução da lavoura de trigo na região e, posteriormente, estabilizou-se. Os demais grupos evoluíram positivamente em conjunto, com diferentes trajetórias entre as microrregiões componentes.

## Resultados nos grupos e suas microrregiões

Nesta subseção estão considerados todos os dados das microrregiões e sua agregação nos respectivos grupos definidos.

### Potencial e folga de produtividade

A produtividade potencial, estimada com o método estatístico, hierárquico e adaptativo, em cada grupo, está apresentada na Tabela 7. Esses resultados mostram que as microrregiões dos grupos 1 e 2, situadas a noroeste e oeste de Minas Gerais, possuem potencial muito similar, relativamente estável e um patamar acima dos demais grupos.

**Tabela 7.** Produtividade potencial (em quilogramas por hectare) nos grupos de microrregiões, 2000 a 2018.

Ano	Grupo					
	1	2	3	4	5	6
2000	3.706	4.800				
2001	4.803	4.827				
2002	4.849	5.329				
2003	4.849	5.382			1.498	
2004	4.849	5.382			1.500	
2005	4.849	5.382			1.500	
2006	4.849	5.382			1.500	
2007	4.995	5.382			1.500	
2008	4.995	5.382			1.500	3.331
2009	4.995	5.382			1.500	3.331
2010	4.995	5.382			2.001	3.331
2011	5.016	5.382			2.613	3.331
2012	5.255	5.382			2.992	3.579
2013	5.322	5.382	1.300		3.852	3.579
2014	5.322	5.382	1.367	3.485	3.852	3.579
2015	5.322	5.382	1.542	3.485	3.852	3.596
2016	5.322	5.382	2.744	3.485	3.852	3.596
2017	5.322	5.382	3.042	3.485	3.852	3.596
2018	5.484	5.382	3.166	3.485	3.852	3.596

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Os grupos 3 e 5 apresentaram elevação do potencial em etapas, enquanto os grupos 4 e 6 introduziram a cultura já com produtividade mediana e tem mantido seus potenciais estáveis.

Comparando os resultados nas Tabelas 6 e 7, verifica-se que, nos grupos 2 e 5, maiores em número de microrregiões componentes e extensão territorial, encontram-se as maiores diferenças das produtividades com o potencial. De fato, é o que se verifica na Tabela 8, que mostra as folgas de produtividade absolutas.

**Tabela 8.** Folga de produtividade absoluta (em quilogramas por hectare) nas microrregiões, segundo grupos, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1	31001	0	803	359	121	266	699	0
	31002		82	420	160	0	340	1.804
2	31018	3.717	1.092	1.522	1.831	2.162	3.526	2.845
	31019	625	0	1.411	1.552	1.371	2.080	2.850
	31020	0	522	346	305	832	1.169	1.788
	31022		1.130	1.425	1.258	2.210	3.184	3.180
	31023	283	671	466	634	1.820	2.577	2.852
3	31034						0	0
4	31042						232	564
5	31047					1.059	1.925	2.103
	31048		0	0	0	753	1.922	1.641
	31050					324	1.219	1.215
	31052						1.225	2.252
	31053						903	1.684
	31054						946	1.167
	31055				0	0	1.177	307
6	31057						1.003	821
	31058				196	319	630	482
	31059					0	0	858

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

A produtividade costuma apresentar grande variabilidade espacial e temporal, e o potencial delas derivado, segundo o método utilizado, tem tendência de crescimento, por construção. Daí que as folgas microrregionais variam bastante, por vezes sem tendência definida. É o caso, por exemplo, das microrregiões de Unai (31001) e Paracatu (31002).

Também se percebe que, entre as microrregiões do grupo 2, localizadas no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, as folgas têm mostrado tendência crescente. O último ano em que uma microrregião registrou a produtividade mais alta, determinando, portanto, o potencial do grupo, foi 2003.

### **Folga absoluta nos grupos e contribuições microrregionais**

A caracterização da evolução das folgas nos grupos e as contribuições microrregionais, para anos selecionados, constam nas Tabelas 9 e 10.

Na Tabela 9, mostram-se as folgas de produtividade absolutas médias nos diferentes grupos junto com as contribuições de suas microrregiões, que foram determinadas usando as ponderações de suas áreas colhidas com respeito ao total em cada grupo. Observa-se uma evolução muito variável na média do grupo 1, uma tendência de aumento no grupo 5, e um aumento contínuo nos grupos 2 e 6.

Convertendo as contribuições absolutas microrregionais em percentuais, dentro de cada grupo, resultam os valores apresentados na Tabela 10.

Essa forma facilita destacar a presença de concentração na formação das folgas médias. Cabe destacar os seguintes casos: a) no grupo 2, a microrregião de Araxá (31023) tem contribuído com mais de 50% a partir de 2012; b) também a partir de 2012, no grupo 5, a microrregião de Varginha (31050) tem contribuído com cerca de 50%; e c) no grupo 6, a microrregião de São João del Rei (31058) tem contribuído com mais de 50% a partir de 2009, chegando a 100% em alguns anos. Em comum, esses casos tiveram tendência de crescimento na área colhida de trigo, que não foi acompanhada por tendência similar em termos de produtividade; esta, ao contrário, permaneceu estagnada ou apresentou leve queda.



**Tabela 9.** Folga de produtividade absoluta média (em quilogramas por hectare) dos grupos e contribuições microrregionais, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1		<b>0</b>	<b>675</b>	<b>371</b>	<b>144</b>	<b>94</b>	<b>449</b>	<b>1.368</b>
	31001	0	660	286	49	94	211	0
	31002		15	86	95	0	237	1.368
2		<b>157</b>	<b>600</b>	<b>689</b>	<b>879</b>	<b>1.600</b>	<b>2.482</b>	<b>2.781</b>
	31018	100	83	149	166	187	440	343
	31019	27	0	208	305	310	412	461
	31020	0	256	161	74	146	126	167
	31022		52	54	71	146	193	287
	31023	29	208	117	264	811	1.311	1.523
3							<b>0</b>	<b>0</b>
	31034						0	0
4							<b>232</b>	<b>564</b>
	31042						232	564
5		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>398</b>	<b>1.318</b>	<b>1.225</b>	
	31047					71	208	122
	31048		0	0	0	106	196	122
	31050					221	643	654
	31052						16	1
	31053						65	110
	31054						77	184
	31055				0	0	113	33
6					<b>196</b>	<b>294</b>	<b>558</b>	<b>602</b>
	31057						45	209
	31058				196	294	513	316
	31059					0	0	78

Podem existir discretas diferenças entre o valor correspondente aos grupos e o resultado da soma dos valores das microrregiões componentes devido às técnicas de arredondamento aplicadas ao conjunto de dados.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

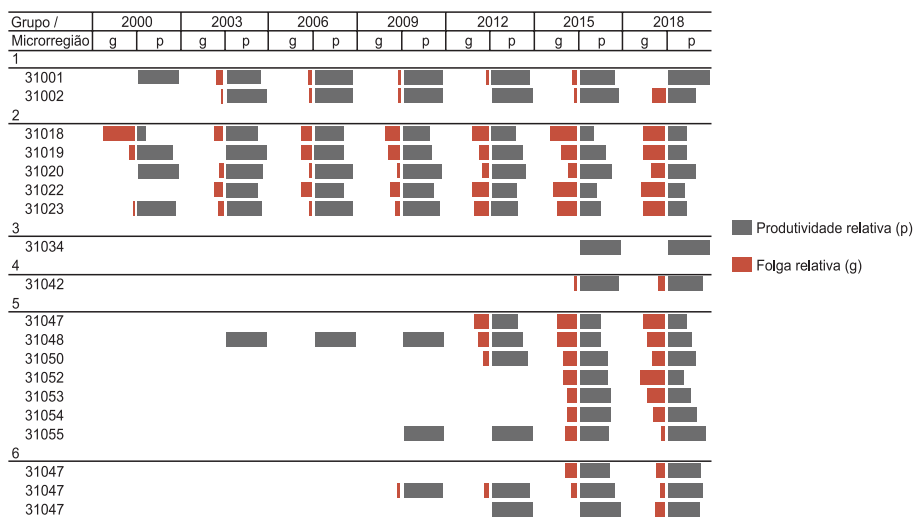
**Tabela 10.** Contribuição percentual das microrregiões para a formação da folga de produtividade absoluta média em seu grupo, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1	31001	100,0	97,8	77,0	34,3	100,0	47,1	0,0
	31002		2,2	23,0	65,7	0,0	52,9	100,0
2	31018	64,0	13,8	21,6	18,9	11,7	17,7	12,3
	31019	17,4	0,0	30,2	34,7	19,3	16,6	16,6
	31020	0,0	42,8	23,4	8,4	9,1	5,1	6,0
	31022		8,7	7,8	8,0	9,1	7,8	10,3
	31023	18,7	34,7	17,0	30,0	50,7	52,8	54,8
3	31034						100,0	100,0
4	31042						100,0	100,0
5	31047					17,8	15,8	10,0
	31048		100,0	100,0	93,8	26,6	14,9	9,9
	31050					55,6	48,8	53,4
	31052						1,2	0,1
	31053						4,9	8,9
	31054						5,8	15,0
	31055				6,3	0,0	8,6	2,7
6	31057						8,1	34,7
	31058				100,0	100,0	91,9	52,4
	31059					0,0	0,0	12,9

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

### Folgas relativas microrregionais

Na forma relativa, a produtividade e a folga se complementam para formar 100% do potencial. Essa forma, em escala fixa, facilita avaliar se uma unidade geográfica está mais distante ou mais próxima do potencial. A Figura 3 apresenta os valores relativos da produtividade e da folga de cada microrregião, em anos selecionados, na forma de barras proporcionais.



**Figura 3.** Produtividade e folga relativas (em porcentagem (%) do potencial) nas microrregiões, de 2000 a 2018 (anos selecionados).

Observa-se que as maiores folgas estão nas microrregiões dos grupos 2 e 5, corroborando os resultados anteriores. Ressalte-se que, conforme as estatísticas básicas, ambos reúnem grande parte das microrregiões que dedicam mais área à cultura de trigo e que produzem mais no estado.

Os resultados apresentados até aqui revelam grande variabilidade nas folgas de produtividade na lavoura de trigo em Minas Gerais. Isso pode dificultar um diagnóstico preciso da situação capaz de informar o planejamento de pesquisas ou intervenções locais imediatas.

Um recorte temporal que considere a evolução recente pode contribuir para elucidar as tendências e as trajetórias das regiões. Assim, processou-se uma análise focada no último subperíodo da série, aqui entendido como os últimos cinco anos considerados (2014 a 2018). Estimou-se, para cada microrregião, a folga de produtividade relativa média ponderada pela proporção da área em cada ano, com relação à soma das áreas nos cinco anos. Além disso, foi calculado um indicador de dinamismo, que considera a trajetória da evolução da folga relativa nos últimos quatro anos, de modo a sintetizar a tendência da evolução com relação ao ano inicial.

Usando esse indicador, definiram-se três classes de evolução para distinguir microrregiões em termos do tipo de tendência recente que apresentaram: melhora (classe 1), pouca alteração (classe 2) ou piora (classe 3). Os resultados constam da Tabela 11.

**Tabela 11.** Folga de produtividade relativa média (em porcentagem (%) do potencial) e evolução nas microrregiões, 2014 a 2018.

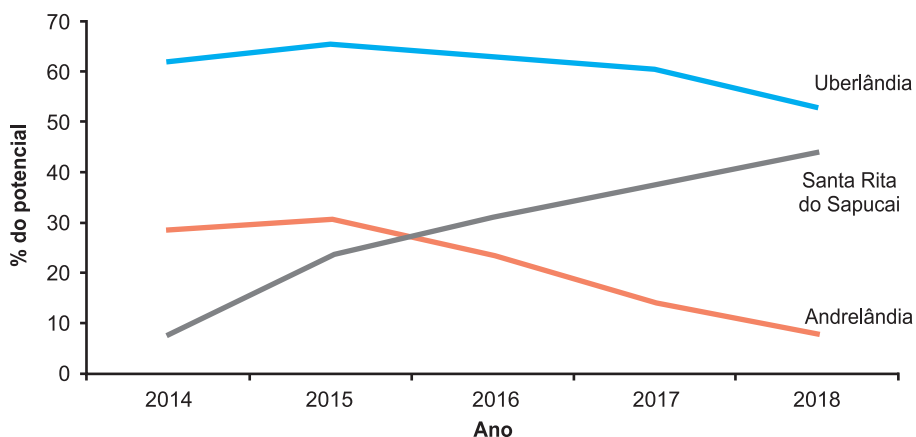
Grupo	Microrregião	Média	Evolução	Classe <sup>(1)</sup>
1	31001 Unai	9,6	-7,0	2
	31002 Paracatu	13,7	31,6	3
2	31018 Uberlândia	60,9	-9,1	2
	31019 Patrocínio	43,9	17,9	3
	31020 Patos de Minas	26,2	17,3	3
	31022 Uberaba	59,9	8,8	2
	31023 Araxá	50,4	9,4	2
3	31034 Conselheiro Lafaiete	0,0	0,0	2
4	31042 Piuí	10,4	16,2	3
5	31047 Passos	50,5	-4,0	2
	31048 São Sebastião do Paraíso	46,1	-7,5	2
	31050 Varginha	30,9	0,2	2
	31052 Pouso Alegre	32,3	24,2	3
	31053 Santa Rita do Sapucaí	28,8	35,8	3
	31054 São Lourenço	28,0	8,2	2
	31055 Andrelândia	20,5	-20,6	1
	31057 Lavras	22,8	1,3	2
6	31058 São João Del Rei	15,5	-5,1	2
	31059 Barbacena	7,3	21,1	3

<sup>(1)</sup>Classes de evolução para distinguir microrregiões de acordo com o tipo de tendência recente que apresentaram: 1 = melhora; 2 = pouca alteração; 3 = piora.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

As médias sintetizam bem a evolução recente de cada microrregião, mas ocultam as trajetórias individuais. Para ilustrar diferentes trajetórias, de

forma explícita, foram selecionados três exemplos de evolução recente da folga relativa, que aparecem na Figura 4: a) Uberlândia (31018) não tem uma tendência muito definida; b) Santa Rita do Sapucaí (31053) mostra uma clara tendência de piora; e c) Andrelândia (31055) tem uma clara tendência de melhora. Logicamente, tudo isso deve ser entendido nos termos relativos em que se podem considerar as evoluções em apenas cinco anos.

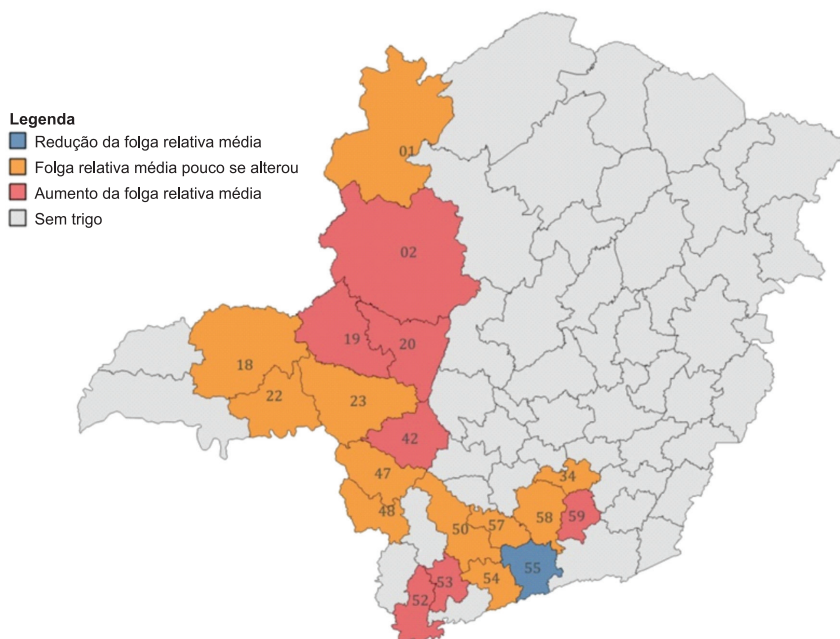


**Figura 4.** Três exemplos de evolução recente da folga de produtividade relativa.

Outra forma útil de representar a evolução recente das microrregiões em termos das suas folgas de produtividade relativas é por meio da visualização espacial, segundo as classes definidas, destacada na Figura 5.

A Tabela 11 e a Figura 5 mostram que uma microrregião (Andrelândia, 31055) apresentou tendência clara de redução na folga de produtividade relativa média entre 2014 e 2018, ou seja, melhorou em relação às suas vizinhas (demais microrregiões do grupo 5).

Outras 11 microrregiões, dispersas em praticamente todos os grupos, ou seja, na porção do território mineiro que produz trigo, não apresentam tendência clara de mudança recente na folga de produtividade relativa média. Apresentaram pequenas oscilações, para melhor ou para pior, na evolução desde 2014.



**Figura 5.** Microrregiões segundo as classes de evolução da folga de produtividade relativa média no subperíodo 2014–2018.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

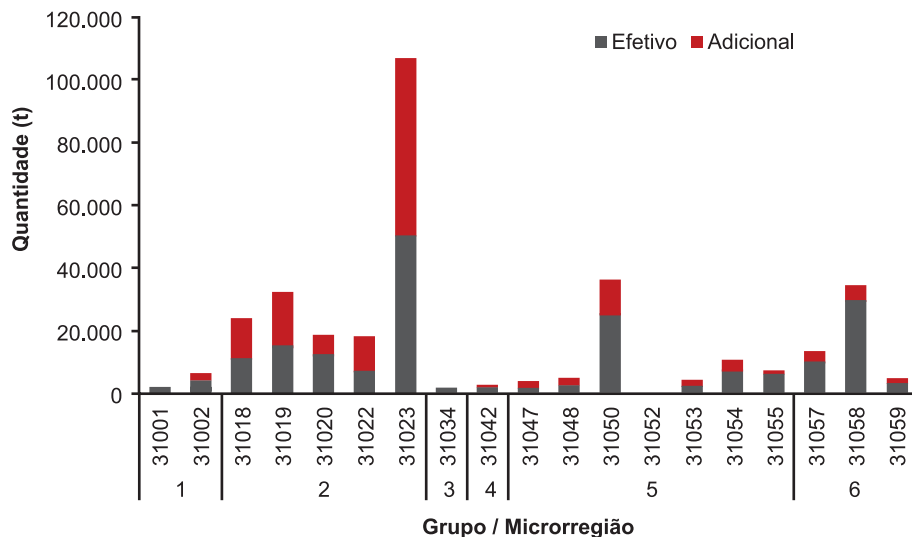
Ao contrário, sete microrregiões, também dispersas no território (Figura 5), apresentam tendência clara de aumento na folga de produtividade relativa média entre 2014 e 2018. Em outras palavras, pioraram em comparação com suas vizinhas.

### Perda virtual de produção em função da folga de produtividade

A folga de produtividade estimada por microrregião, a cada ano, pode ser convertida em volume de produção adicional que poderia ter sido obtido caso ela não existisse. Basta, para isso, multiplicar a folga estimada pela área que gerou a produção efetiva.

Apresentar a folga de produtividade na forma de volume de produção adicional facilita compreender a dimensão de uma “perda virtual” de produção em função do diferencial de produtividade observado em relação ao potencial.

Para ilustrar, selecionou-se o último ano da série, cujos resultados estão apresentados na Figura 6.



**Figura 6.** Volume de produção (em toneladas) por microrregião, segundo tipo, em 2018.

Fica claro que o volume de produção adicional pode ser significativo. Em 2018, ele corresponderia a 41% do potencial, sendo os 59% restantes a parcela efetivamente produzida.

Sua composição, em termos das microrregiões que aportam produção adicional, varia muito. Várias delas poderiam aportar quantidades importantes e, em algumas, a produção adicional até mesmo poderia superar a efetiva. No quadro de 2018, isso ocorreria com todas as microrregiões do grupo 2, exceto Patos de Minas (31020), e destacadamente com Araxá (31023), todas elas localizadas no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Também seria o caso de Passos (31047) e Pouso Alegre (31052), ambas no Sul/Sudoeste de Minas.

## Resultados regionais

Nesta subseção foram consideradas todas as microrregiões em conjunto para mostrar uma visão agregada em nível regional. Note-se que,

em qualquer ano, a folga média regional pode ser obtida mediante dois procedimentos, como foi indicado na seção Material e Métodos: a) usando as folgas médias dos grupos e ponderando pelas áreas colhidas nos grupos; ou b) usando as folgas nas microrregiões e ponderando pelas áreas colhidas nas microrregiões (esta foi a forma utilizada neste estudo). Logicamente, em qualquer das duas formas, as ponderações se referem à área colhida total na região. As ponderações nas microrregiões dão lugar às contribuições que constam, nesse nível, na Tabela 12. Na linha “Total”, aparece a folga de produtividade absoluta média regional e, nas linhas correspondentes a cada grupo e microrregião, sua respectiva contribuição para a formação da média regional.

É possível constatar uma tendência de aumento da folga de produtividade média regional, fortemente influenciada pelo grupo 2. Várias microrregiões desse grupo têm contribuído individualmente de forma relevante para esse resultado, mas o grande destaque fica com Araxá (31023). Nessa microrregião, a área colhida com trigo cresceu continuamente até 2016, instante a partir do qual passou a registrar retração. Desde 2008, a perda de produtividade ali tem ocorrido sistematicamente.

O grupo 1, especialmente a microrregião de Unai (31001), contribuía, de maneira individual, significativamente para a folga média regional nos primeiros anos da série. Ao longo do tempo, porém, sua influência esvaiu-se, à medida que a área dedicada à cultura de trigo retraiu-se vigorosamente.

Merece apontamento também a pequena, porém crescente, contribuição de algumas microrregiões do grupo 5, especialmente Varginha (31050) na composição da folga de produtividade média regional.

Convertendo as contribuições absolutas microrregionais em percentuais, resultam os valores apresentados na Tabela 13.

A apresentação das contribuições microrregionais na forma de percentuais facilita destacar a presença de concentração na formação da folga média regional. Vê-se, na Tabela 13, que, a partir de 2009, as microrregiões dos grupos 2 e 5 contribuíram com mais de 90% para a folga média regional. No entanto, dentro deles, existe muita variabilidade nas contribuições de suas microrregiões. Desse modo, somente os grupos não são muito adequados



para identificar conjuntos de microrregiões que possam merecer tratamentos diferenciados.

**Tabela 12.** Folga de produtividade absoluta média (em quilogramas por hectare) regional e contribuições microrregionais, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
<b>Total</b>		<b>73</b>	<b>603</b>	<b>531</b>	<b>655</b>	<b>1.025</b>	<b>1.808</b>	<b>1.888</b>
<b>1</b>		<b>0</b>	<b>303</b>	<b>139</b>	<b>31</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>30</b>
	31001	0	296	107	11	9	7	0
	31002		7	32	20	0	8	30
<b>2</b>		<b>73</b>	<b>300</b>	<b>391</b>	<b>613</b>	<b>898</b>	<b>1.402</b>	<b>1.435</b>
	31018	47	42	84	116	105	248	177
	31019	13	0	118	212	174	233	238
	31020	0	128	91	51	82	71	86
	31022		26	31	49	82	109	148
	31023	14	104	66	184	455	740	786
<b>3</b>							<b>0</b>	<b>0</b>
	31034						0	0
<b>4</b>							<b>3</b>	<b>6</b>
	31042						3	6
<b>5</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>66</b>	<b>299</b>	<b>296</b>
	31047					12	47	30
	31048		0	0	0	18	44	29
	31050					37	146	158
	31052						4	0
	31053						15	27
	31054						17	45
	31055				0	0	26	8
<b>6</b>					<b>11</b>	<b>52</b>	<b>89</b>	<b>121</b>
	31057						7	42
	31058				11	52	82	63
	31059					0	0	16

Podem existir discretas diferenças entre o valor correspondente aos grupos e o resultado da soma dos valores das microrregiões componentes devido às técnicas de arredondamento aplicadas ao conjunto de dados.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

**Tabela 13.** Contribuição percentual dos grupos e microrregiões para a formação da folga de produtividade absoluta média regional, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Grupo	Microrregião	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
1		<b>0,0</b>	<b>50,3</b>	<b>26,3</b>	<b>4,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>
	31001	0,0	49,2	20,2	1,6	0,9	0,4	0,0
	31002		1,1	6,1	3,1	0,0	0,4	1,6
2		<b>100,0</b>	<b>49,7</b>	<b>73,7</b>	<b>93,6</b>	<b>87,6</b>	<b>77,6</b>	<b>76,0</b>
	31018	64,0	6,9	15,9	17,7	10,3	13,7	9,4
	31019	17,4	0,0	22,3	32,4	16,9	12,9	12,6
	31020	0,0	21,3	17,2	7,8	8,0	3,9	4,6
	31022		4,3	5,8	7,5	8,0	6,0	7,8
	31023	18,7	17,3	12,5	28,1	44,4	41,0	41,6
3							<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
	31034						0,0	0,0
4							<b>0,2</b>	<b>0,3</b>
	31042						0,2	0,3
5			<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,5</b>	<b>16,5</b>	<b>15,7</b>
	31047					1,1	2,6	1,6
	31048		0,0	0,0	0,0	1,7	2,5	1,6
	31050					3,6	8,1	8,4
	31052						0,2	0,0
	31053						0,8	1,4
	31054						1,0	2,4
	31055				0,0	0,0	1,4	0,4
6					<b>1,7</b>	<b>5,1</b>	<b>4,9</b>	<b>6,4</b>
	31057						0,4	2,2
	31058				1,7	5,1	4,5	3,4
	31059					0,0	0,0	0,8

Podem existir discretas diferenças entre o valor correspondente aos grupos e o resultado da soma dos valores das microrregiões componentes devido às técnicas de arredondamento aplicadas ao conjunto de dados.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Nesse sentido, com as porcentagens das microrregiões na Tabela 13, foram obtidas, em cada ano, três classes de microrregiões, usando o procedimento descrito para determinar os terços das contribuições. As frequências de microrregiões em cada classe, ao longo dos anos, estão na Tabela 14.

**Tabela 14.** Número de microrregiões por classe de contribuição para a folga de produtividade média, 2000 a 2018.

Ano	Classe de contribuição para a folga média			Total	Concentração
	1 - Baixa	2 - Média	3 - Alta		
2000	3	1	1	5	0,400
2001	5	-	1	6	0,750
2002	4	1	1	6	0,500
2003	6	1	1	8	0,625
2004	5	2	1	8	0,438
2005	5	2	1	8	0,438
2006	4	2	2	8	0,250
2007	4	2	2	8	0,250
2008	6	1	2	9	0,500
2009	7	1	2	10	0,550
2010	8	2	1	11	0,591
2011	9	2	1	12	0,625
2012	10	2	1	13	0,654
2013	12	2	2	16	0,625
2014	15	3	1	19	0,684
2015	16	2	1	19	0,763
2016	16	2	1	19	0,763
2017	15	3	1	19	0,684
2018	15	3	1	19	0,684
<b>Total</b>	<b>165</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>223</b>	<b>0,610</b>
<b>Percentual (%)</b>	<b>74,0</b>	<b>15,2</b>	<b>10,8</b>	<b>100,0</b>	<b>-</b>

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Notam-se, nessa tabela, frequências elevadas na classe baixa, bem menores na média e ainda menores na alta. Esse padrão geral varia ao longo do tempo, e o indicador de concentração sintetiza a situação ano a ano.

Os valores anuais desse indicador mostram uma tendência de redução da concentração na metade inicial do período. Conforme a cultura do trigo foi se expandindo no território mineiro, com presença em mais microrregiões a partir de 2008, a concentração foi aumentando. Mais microrregiões passaram a contribuir individualmente pouco para a folga média, mas as que contribuíam mais se mantiveram, em número.

A última linha da Tabela 14 apresenta a distribuição percentual correspondente à distribuição de frequências absolutas na linha de Total. Essa distribuição percentual é a média das distribuições percentuais correspondentes aos diferentes anos, ponderadas pelas frequências apresentadas na coluna de Total. Ela resume a situação geral. Por exemplo, aproximadamente 11% das microrregiões (isto é, uma ou duas), que formaram o terço superior em cada ano, apresentam os piores desempenhos em termos de folga de produtividade e, em princípio, merecem ser acompanhadas para monitorar o problema.

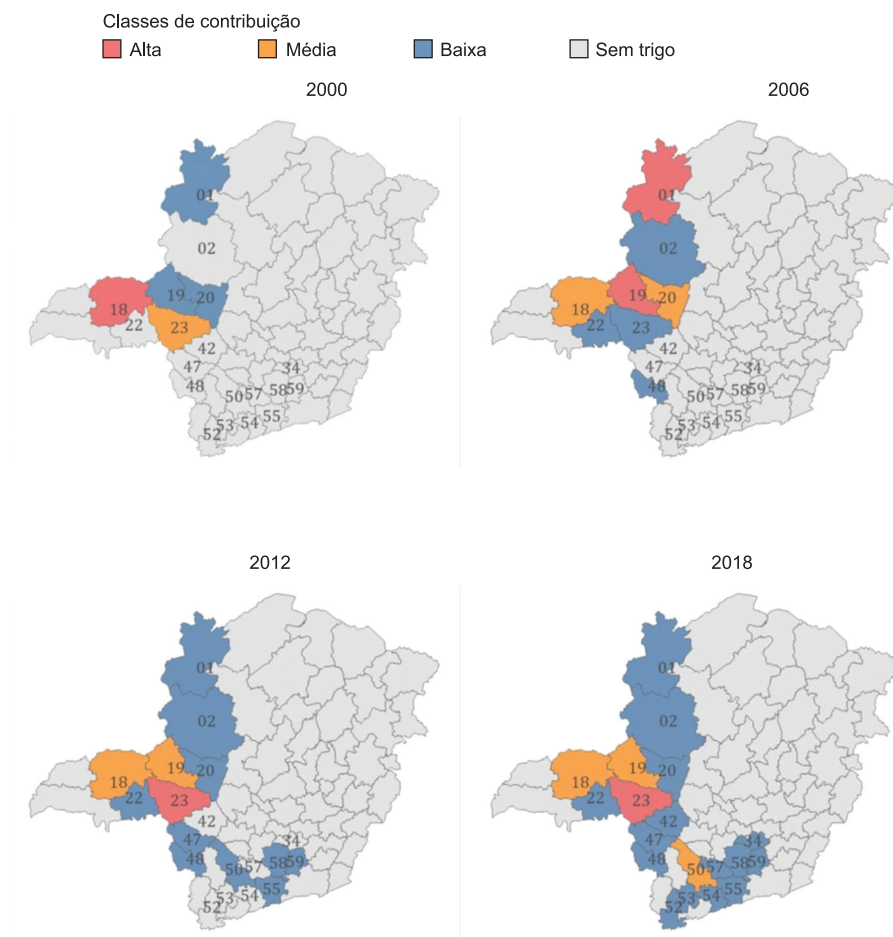
Como em anos mais recentes, particularmente nos últimos cinco, participaram mais microrregiões, as distribuições neles têm maior peso na formação da distribuição média que, portanto, reflete aproximadamente o que tem acontecido ultimamente. No entanto, pela ocorrência de mudanças espaciais, ou seja, pela dinâmica, mesmo no caso em que há somente uma microrregião no terço superior, isso não significa que seja sempre a mesma. De fato, ao longo do tempo, algumas microrregiões têm mudado de classe. Para ilustrar o fato, apresenta-se, na Tabela 15, uma listagem das microrregiões que formaram o terço superior em anos selecionados.

**Tabela 15.** Microrregiões na classe alta de contribuição para a folga de produtividade absoluta média regional, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Ano	Grupo	Microrregião		Contribuição (%)
2000	2	31018	Uberlândia	64,0
2003	1	31001	Unaí	49,2
2006	1	31001	Unaí	20,2
	2	31019	Patrocínio	22,3
2009	2	31019	Patrocínio	32,4
		31023	Araxá	28,1
2012	2	31023	Araxá	44,4
2015	2	31023	Araxá	41,0
2018	2	31023	Araxá	41,6

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Esses resultados estão ilustrados nos mapas da Figura 7, indicando que, em um ano, as microrregiões com alta contribuição individual são poucas, em geral uma ou duas, e estas mudam ao longo do tempo, embora isso possa ocorrer de forma não tão frequente.



**Figura 7.** Microrregiões segundo classes de contribuição para a formação da folga de produtividade regional, de 2000 a 2018 (anos selecionados).

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Nos anos ilustrados, sempre aparecem, na classe “Alta”, microrregiões do grupo 2, da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Mais recentemente, Araxá (31023) tem se encontrado nessa situação. Aquelas com contribuição comparativamente média também pertencem ao grupo 2 e se localizam nessa mesma mesorregião. Já as que contribuem individualmente pouco para a folga média são mais numerosas e estão em todos os grupos.

Nota-se que, mais recentemente, se concentram a leste do Triângulo Mineiro e no sul do estado.

### Dinâmica regional das folgas de produtividade

Mesmo com a redução das discrepâncias pelo procedimento de classificação, ainda restaram variações interanuais na classe à qual cada microrregião foi alocada. Logo, torna-se interessante introduzir um indicador capaz de medir o conjunto das mudanças de classe ocorridas, entre dois anos, para auxiliar na caracterização da dinâmica territorial das folgas de produtividade na região. No presente caso, optou-se por um indicador muito simples, chamado justamente de distância simples, baseado apenas na contagem das situações encontradas.

Para exemplificar o cálculo da distância simples, mostra-se, na Tabela 16, a tabela de contingência, correspondente ao ano inicial de 2000 e ao ano final de 2006, com as frequências das 19 microrregiões distribuídas nas classes (incluindo a classe 0 para as que ainda não tinham produção de trigo no ano inicial).

**Tabela 16.** Tabela de contingência com as frequências das microrregiões nas classes de contribuição para a formação da folga média regional, de 2000 para 2006.

Classe	Sem trigo	Baixa	Média	Alta	Total
Sem trigo	11	3	0	0	14
Baixa	0	0	1	2	3
Média	0	1	0	0	1
Alta	0	0	1	0	1
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>19</b>

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

No exemplo da Tabela 16, a distância simples está dada pelo número de casos fora da diagonal principal (8) dividido pelo número total de casos (19), ou seja:  $d = 8/19 = 0,4211 = 42,11$  p.p. (pontos percentuais). É comum que se multiplique o resultado por 100 para expressar a distância entre 0 e 100.

A Tabela 17 resume as distâncias entre os anos de 2000, 2006, 2012 e 2018, que também se interpretam como distâncias entre os mapas da Figura 7.

**Tabela 17.** Distâncias (em pontos percentuais) entre as distribuições das microrregiões nas classes de contribuição para a folga absoluta média regional, 2000 a 2018 (anos selecionados).

Ano inicial	Ano final		
	2006	2012	2018
2000	42,1	57,9	89,5
2006		47,4	78,9
2012			36,8

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Mesmo com as limitações próprias do reduzido número de anos escolhidos, vê-se na Tabela 17, nas linhas dos anos 2000 e 2006, que as distâncias aumentaram com o tempo. As distâncias dos anos de 2000 e 2006 para 2018 são muito grandes, o que indica que a situação mais recente é muito diferente do que se tinha nesses anos iniciais.

As distâncias entre subperíodos sucessivos estão na diagonal principal da Tabela 17. A maior delas aconteceu de 2006 para 2012 (47,4). Mesmo a menor delas, de 2012 para 2018 (36,8), quando já tinham se incorporado à produção de trigo quase todas as 19 microrregiões com registro de produção de trigo em 2018, significa que, num intervalo de seis anos, a velocidade média das mudanças foi de aproximadamente 6,1 p.p./ano, o que não é pouco, e permite esperar novas alterações importantes na participação das microrregiões para a formação da folga absoluta média regional nos próximos anos.

## Conclusões

Os resultados apresentados apontam regiões produtoras de trigo no território de Minas Gerais que, devido à magnitude da contribuição para a folga de produtividade ou evolução singular quando comparadas com seu entorno, poderiam ser objeto de mais pesquisas ou outros tipos de intervenções específicas.

As folgas microrregionais variam bastante, por vezes sem tendência definida. É o caso, por exemplo, das microrregiões de Unaí (31001) e Paracatu (31002). Ao contrário, outras apresentam tendência clara. É o caso das microrregiões localizadas no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, cujas folgas foram positivas e crescentes desde o quinto ano do período analisado (2004).

Em termos da evolução da folga de produtividade relativa no último subperíodo da série, ou seja, entre os anos de 2014 a 2018, constatou-se que apenas a microrregião de Andrelândia (31055) mostrou tendência clara de melhora (redução na folga relativa). Embora com introdução relativamente recente da cultura, a partir de 2009, essa microrregião tem conseguido aliar expansão de área e de produtividade. Devido a esse bom desempenho, vem contribuindo pouco para a formação da folga média do grupo a que pertence, localizado no sul/sudoeste de Minas. As demais microrregiões não mudaram muito ou pioraram nos últimos anos.

No que se refere às contribuições das microrregiões para a formação, em cada ano, da folga absoluta média de Minas Gerais, destaca-se a microrregião de Araxá (31023), aquela que mais tem contribuído para a folga média no estado. Nessa microrregião, a área colhida com trigo cresceu continuamente até 2016, instante a partir do qual passou a registrar retração. Desde 2008, a perda de produtividade ali tem ocorrido sistematicamente. Merece apontamento também a pequena, porém crescente, contribuição de algumas microrregiões localizadas no sul/sudoeste de Minas, especialmente Varginha (31050).

Em termos das contribuições individuais das microrregiões para a folga média do estado, constatou-se que aquelas que contribuem pouco são numerosas e estão dispersas no território, enquanto aquelas com alta contribuição geralmente são uma ou duas e se alteram ao longo do tempo. Essas mudanças, medidas por indicador de distância, foram substanciais do ano 2000 ou 2006 em relação ao ano de 2018, quando várias microrregiões que não produziam trigo no início do período registraram produção.

Por fim, cabe ressaltar que as estatísticas oficiais de produção de trigo no Brasil não distinguem características da cultura ou dos sistemas de produção em uso nas regiões analisadas como, por exemplo, a adoção ou não de métodos de irrigação. Este estudo, exclusivamente baseado nelas,



limita-se ao campo estatístico, com enfoque de mineração de dados, ou seja, de descobrir informações implícitas nos dados, mas não diretamente observáveis.

Os resultados alcançados, no entanto, podem ser interpretados, pelo leitor, à luz de conhecimentos de outros campos disciplinares ou, ainda, balizar futuros estudos focados em identificar fatores explicativos associados ou alternativas potencialmente viáveis para promover mais crescimento na produção do cereal, em determinadas porções do território mineiro, pela via da redução das folgas quantificadas.

## Referências

- ACOSTA, A. da S.; EICHELBERGER, L.; FAE, G. S.; DOSSA, A. A. (ed.). **Transferência de tecnologia na Embrapa Trigo 2010/2015**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 95 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 164).
- ALVES, E. R. de A. **A produtividade da agricultura**. Brasília, DF: [ADESG] 1979. 56 p.
- ANDERBERG, M. R. **Cluster analysis for applications**. New York: Academic Press, 1973. 359 p.
- BRASIL. Portaria nº 370, de 19 de dezembro de 2019. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de trigo de sequeiro no Estado de Minas Gerais, ano-safra 2019/2020. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, nº 248, 24 dez. 2019a. Seção 1, p.16.
- BRASIL. Portaria nº 380, de 19 de dezembro de 2019. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de trigo irrigado no Estado de Minas Gerais, ano-safra 2019/2020. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, nº 248, 24 dez. 2019b. Seção 1, p. 90.
- COELHO, M. A. D. O.; CONDÉ, A. B. T.; SOUZA, M. A. D.; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. Expansão e cultivo da cultura do trigo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 260, p. 38-47, jan./fev. 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96853/1/Expansao-e-cultivo-da-cultura-do-trigo-em-Minas-Gerais.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.
- GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H. **Elementos de agrodinâmica**. Brasília, DF: Embrapa, SGE, 2008. 72 p.
- GARAGORRY, F. L.; MIRANDA, E. E. de; MAGALHÃES, L. A. **MATOPIBA: evolução recente da produção de grãos**. Campinas: Embrapa, 2015. 69 p. (Embrapa. Nota técnica GITE, 9).
- GRASSINI, P.; BUSSEL, L. G. J. V.; WART, J. V.; WOLF, J.; CLAESSENS, L.; YANG, H.; BOOGAARD, H.; GROOT, H. D.; ITTERSUM, M. K. V.; CASSMAN, K. G. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. **Field Crops Research**, v. 177, p. 49-63, June 2015. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.03.004.
- IBGE. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=22269>. Acesso em: 4 mar. 2020.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produção Agrícola Municipal. **Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 25 mar. 2020.

ITTERSUM, M. K. van; CASSMAN, K. G.; GRASSINI, P.; WOLF, J.; TITTONELL, P.; HOCHMAN, Z. Yield gap analysis with local to global relevance – A review. **Field Crops Research**, v. 143, p. 4-17, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.09.009.

MINAS GERAIS (Estado). MG: avanço nas pesquisas de trigo e estímulo ao plantio são ferramentas do governo do Estado para aumentar a produção. **Página Rural**, 29 mar. 2018. Disponível em: <https://www.paginarural.com.br/noticia/254800/avanco-nas-pesquisas-de-trigo-e-estimulo-ao-plantio-sao-ferramentas-do-governo-do-estado-para-aumentar-a-producao>. Acesso em: 23 abr. 2020.

RAMOS, M. Y.; GARAGORRY, F. L. **Análise da folga de produtividade na produção de grãos no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional 2017. 44 p. Nota Técnica.

RAMOS, M. Y.; GARAGORRY, F. L. **Análise da folga de produtividade na produção de grãos no Brasil em nível estadual**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 58 p. PDF. (Embrapa. Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. Documentos, 7). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214755/1/DOCUMENTOS-Analise-folga-produtividade2020.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2020.

SADRAS, V. O.; CASSMAN, K. G. G.; GRASSINI, P.; HALL, A. J.; BASTIAANSEN, W. G. M.; LABORTE, A. G. MILNE, A. E.; SILESHI, G.; STEDUTO, P. **Yield gap analysis of field crops: methods and case studies**. Rome, 2015. (FAO Water Reports, 41).





MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

CGPE 016824